

【技術分類】 1 - 2 - 1 エネルギー関係 / 発電 / 光エネルギー利用システム

【 F I 】 G04C10/02@A, G04G1/00,310@A

【技術名称】 1 - 2 - 1 - 1 ソーラーセル

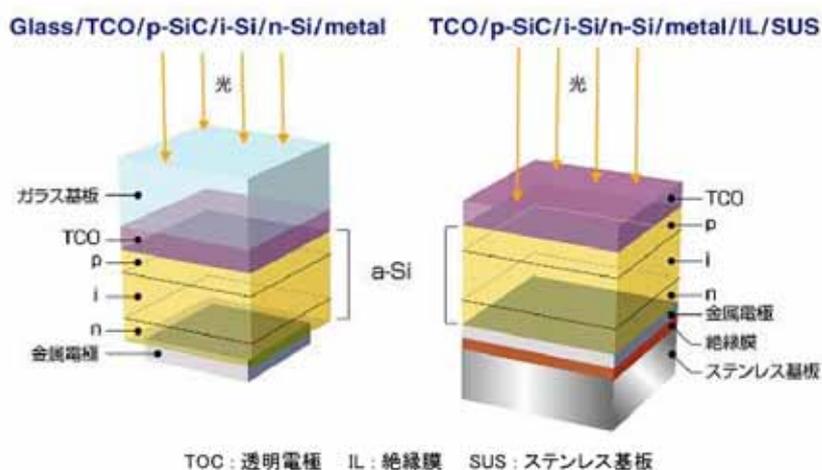
【技術内容】

時計の電力供給源として太陽光などの光エネルギーを利用して発電する半導体素子であって、アモルファスシリコンが主として用いられており、時計に用いる場合の構造・特性などに関する技術である。

ソーラーセルを時計の電力供給源として評価すると、可動部がない、保守が容易、寿命が半永久などの長所と、光が当たっている時のみ有効、エネルギー密度が小さい、機械的ストレスに弱いなどの問題点を持っている。

図 1 に、アモルファスシリコンソーラーセルの基本的構成を示す。

【図】 図 1 アモルファスシリコンソーラーセルの基本的構成



出典 1、「1 頁下の図 (基本接合構成の図)」

基板の種類は金属に限る必要はなく、有機物フィルムの上にも形成できる。
出力電圧は 0.6V 程度であり、直列接続することで必要な電圧を得ることができる。

表 1 に、アモルファスシリコンソーラセルの基板の違いによる発電効率の比較を示す。
(1cm²4 枚を直列接続、白色蛍光灯下、作動電圧 1.5V であり、最大効率ではない)

【表】表1 基板の違いによる発電効率の比較

Tab.2 Photogenerated power by a-Si solar cell

ソーラセル基板の種類	発電電力	変換効率
ガラス(低コスト)	約 35 μ W	約 6%
ガラス	55~60 μ W	9.5~10.4%
ステンレス	50~55 μ W	8.5~9.5%

出典2、「14頁 Tab.2 Photogenerated power by a - Si solar cell」

図2に、光に強さと発電電力の関係を示す。光源は1万 lx以下は蛍光灯、以上はソーラーシミュレーターによる。

【図】図2 光の強さと発電電力の関係

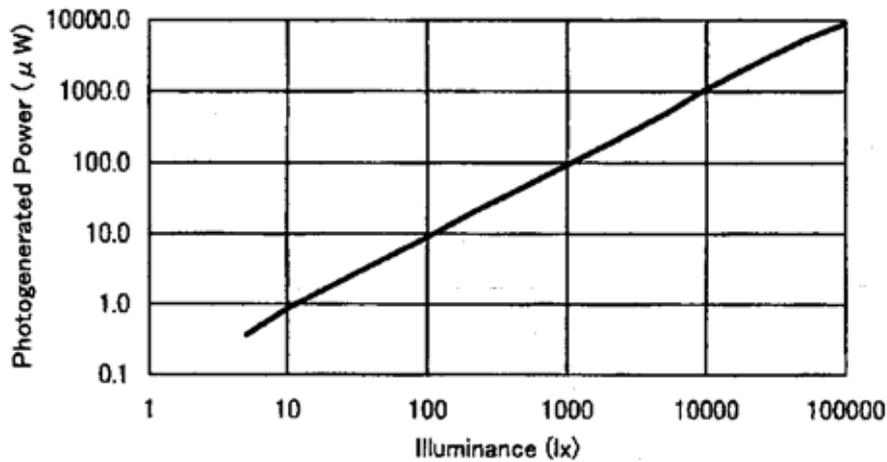


Fig.3 Photogenerated power by a-Si solar cell

出典2、「14頁 Fig.3 Photogenerated power by a - Si solar cell」

アモルファスシリコンソーラセルの感度は人間の視感度に近く、使用者の実感と実際の発電状態が一致するので発電電力の推定に当たって都合が良い。

図3は、実際に腕に付けた時計の1日の間での照度変化の例である。例えば、事務作業をしていて、周囲の環境はある程度の照度を保たれていても、時計が光源に正対しているとは限らず、時計がさらされる照度は激しく変わる。

【図】図3 1日の中での時計の照度変化

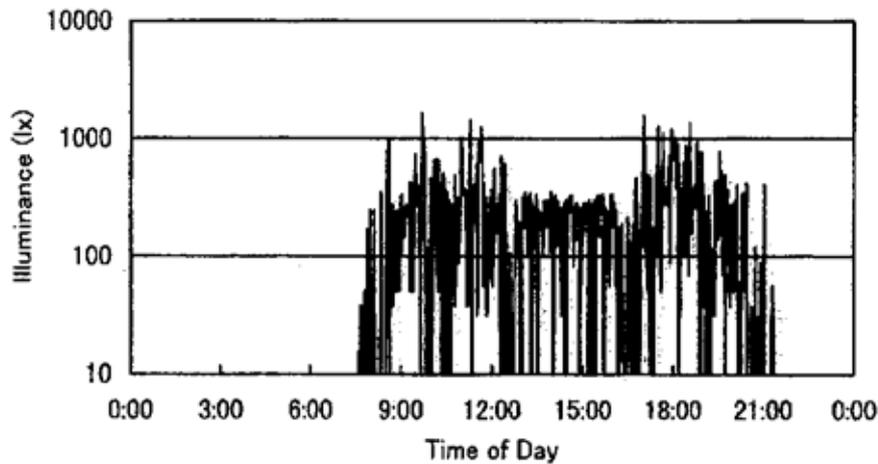


Fig.4 Illuminance change on a watch

出典2、「14頁 Fig.4 Illuminance change on a watch」

高効率化の取り組みとして、図1で示した基本構成のセルの効率向上が取り組まれている一方、飛躍的な高効率の実現に向けてタンデム化など他の方法も検討されている。

当該技術の実施に当っては以下の配慮が必要となる

- (1) 時計の仕様、製品の狙いにより、採用するソーラー基板を選択する配慮が求められる。
- (2) 発電量を高めるために、ソーラーセル面積が確保できるモジュール設計に配慮する。
- (3) 発電部は1 μ mの薄膜で形成されているため、保護樹脂でコーティングを施し、固定構造にも発電部には力が加わらないようにする必要がある。

【出典 / 参考資料】

出典1:

- ・ 出典：製品情報
- ・ 著者名：三洋電機株式会社半導体カンパニー
- ・ 関連箇所：アモルファス Si 太陽電池 / 光センサ
- ・ 表題：Amorton アモルファス Si 太陽電池、アモルファス光センサ
- ・ 掲載者：三洋電機株式会社セミコンダクターカンパニー、掲載場所：アモルファス Si 太陽電池、関連箇所開示頁：特徴・用途・基本接合
- ・ 検索：2005年1月29日
- ・ アドレス：<http://service.semic.sanyo.co.jp/semi/amorton/silicone.htm>

出典2：「ソーラーセルを用いた充電式腕時計」、「マイクロメカトロニクス Vol.42 No.3」、「1998年9月」、「木原啓之（シチズン時計）著」、「日本時計学会発行」、12 - 17頁

参考資料1：「太陽電池」、「日本時計学会誌 No.117」、「1986年6月」、「高橋清（東京工業大学）著」、「日本時計学会発行」、49 - 63頁

【技術分類】 1 - 2 - 1 エネルギー関係 / 発電 / 光エネルギー利用システム

【 F I 】 G04C10/02@A, G04G1/00,310@B

【技術名称】 1 - 2 - 1 - 2 セルブロック

【技術内容】

半導体であるソーラーセルから動力を取り出すための構成であって、半導体を目的に合った基板に形成し組立可能なブロックにする技術である。

ソーラーセルは独特の色調を持つため、最近の時計ではそのままの外観でユーザーの目に触れることはほとんどなく、様々な工夫で二律背反する受光効率と外観の課題の両方を解決している。基板の種類には、ガラス、ステンレス、フィルムなどがある。

図 1 は、アナログクォーツの文字板の下に配置するタイプのソーラーセルで、ステンレス基板上に形成した例である。

【図】 図 1 ステンレス基板ソーラーセル



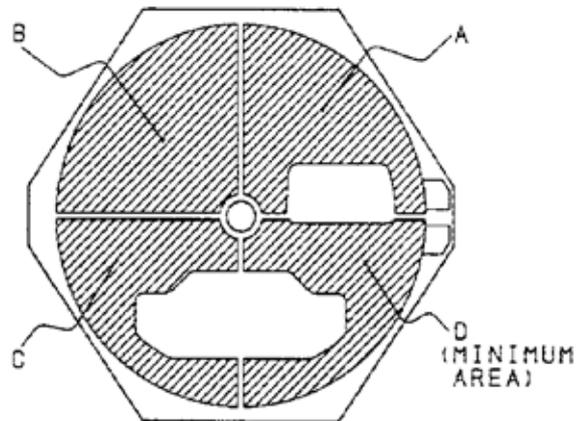
出典 1、「1 頁 上の図 (フレキシブルアモルトンの図)」

ステンレス基板上に形成するタイプは、プレス加工が容易なことから、中心穴明け、任意な外形形状による多彩なデザイン対応が可能である。しかし、一方では入射光側の裏側にあるムーブメント部との電気導通など、接点周りが複雑になる。

図 2 は、ガラスに形成したソーラーセルの平面図で、ソーラーセルは斜線部に示す部分である。基板が透明部材であるため、ソーラーセルは入射光に対し、基板を介して裏側に形成される。

一般的にはデジタル時計などに利用され、大きな発電面積が得られる。しかし、ガラス素材であるため、外形形状は単純な形状が求められ、また、落下衝撃などの破壊防止のため基板が厚くなる。

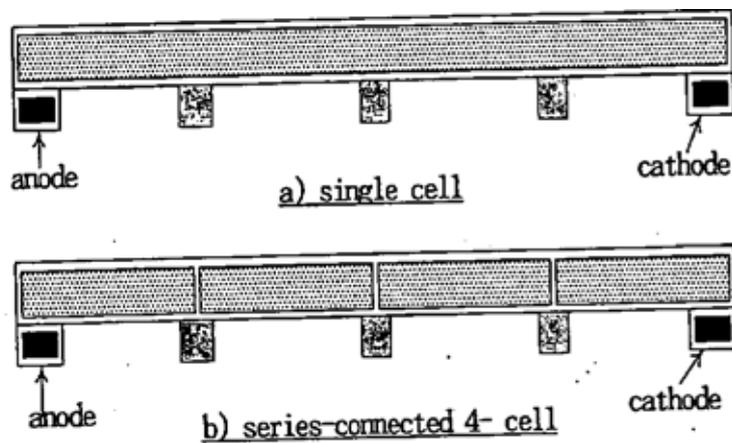
【図】図2 ソーラーセルの平面図



出典2、「10頁 Fig.7 Solar cell using in Cal. C600」

図3は、フィルムに形成したソーラーセルの展開図である。フィルム状であるので曲面や形状の自由度の高い使い方が可能である。

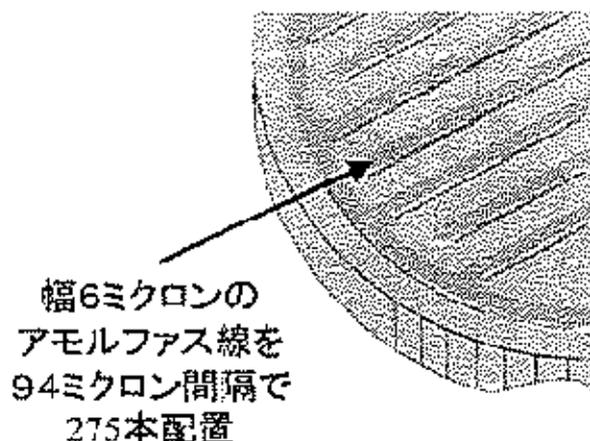
【図】図3 フィルム型ソーラーセルの展開図



出典3、「35頁 Fig.3 Two types of solar cell modules」

人間の目では視認できない實際上透明なソーラーセルを形成したものを搭載した時計も商品化されており、そのセルの構成を図4に示す。

【図】図4 透明ソーラーセルの拡大写真



出典4、「73頁 図6 透明ソーラーセル」

当該技術の実現に当たっては以下の配慮が必要となる

- (1) 時計の仕様、製品の狙いにより、採用するソーラー基板を選択する配慮が求められる。
- (2) 発電量を高めるために、モジュール設計においてソーラーセル面積が確保できるよう配慮する。

・ 【出典 / 参考資料】

出典1:

- ・ 出典：製品情報
- ・ 著者名：三洋電機株式会社半導体カンパニー
- ・ 関連箇所：アモルファス Si 太陽電池 / 光センサ
- ・ 表題：アモルファス Si 太陽電池
- ・ 掲載者：三洋電機株式会社、掲載場所：ラインアップ、関連箇所開示頁：フレキシブルアモルトン
- ・ 検索：2005年1月29日
- ・ アドレス：http://service.semic.sanyo.co.jp/semi/amorton/si_lineup_4.htm

出典2：「ソーラーCQの開発」, 「日本時計学会誌 No.161」, 「1997年6月」, 「村上栄基(シチズン時計)著」, 「日本時計学会発行」, 3 - 12頁

出典3：「リングソーラー時計の開発」, 「マイクロメカトロニクス Vol.46 No.3」, 「2002年9月」, 「長孝、山田信一、田中透、村上哲功、永田洋一(シチズン時計)著」, 「日本時計学会発行」, 32 - 42頁

出典4：「話題の商品が見える!! 第5回 腕時計(「エコドライブ」)」, 「エレクトロニクス実装技術 Vol.17 No.8」, 「2001年8月」, 「青田克己(シチズン時計)著」, 「株式会社技術調査会発行」, 70 - 76頁

参考資料1：「CITIZEN ソーラーウオッチの技術内容」, 「国際時計通信 No.418」, 「1995年2月」, 「シチズン時計著」, 「国際時計通信社発行」, 63 - 75頁

参考資料2：「マイクロエネルギー」, 「マイクロメカトロニクス Vol.42 No.1」, 「1998年3月」, 「春日政雄(セイコーインスツルメンツ)著」, 「日本時計学会発行」, 81 - 86頁

【技術分類】 1 - 2 - 1 エネルギー関係 / 発電 / 光エネルギー利用システム

【 F I 】 G04C10/02@A, G04G1/00,310@B

【技術名称】 1 - 2 - 1 - 3 透明ソーラーセル

【技術内容】

太陽光発電を行うソーラーセルを設けた腕時計であって、そのセルが最上面のガラス内側に設けてあり、かつ見た目ではその事が判らない、外観上ほぼ透明なソーラーセルに関する技術である。

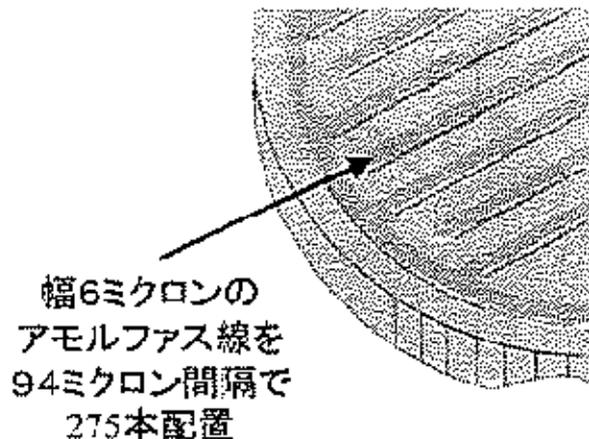
電極膜として、上下 2 層とも IT0 膜を使用し、IT0 膜とアモルファスシリコン層の微細パターンを形成し、外観上ほぼ透明と呼べるソーラーセルを実現している。

第 1 図は、透明ソーラーセルの拡大写真である。図中 1 本の線幅は $6\mu\text{m}$ 、ピッチは $100\mu\text{m}$ である。この細線状のソーラーセルを櫛歯状に配置し、円形基板の外周部にドーナツ状のリングを設けて収集電極とする。この細かいパターンは人間の眼では視認が不可能となり、外観上透明化を実現している。収集電極は 4 分割して各々独立したセルとし、この 4 つを直列に接続して 4 段セルとし、2 次電池の充電電圧を実現した。

次に透明ソーラーセルの構造について説明する。

セルは、ガラス基板上に透明導電膜、アモルファスシリコン層 (pin) 透明導電膜の順に積層し、これを透明な保護膜で被覆し、さらに電極端子を形成して直接接続することにより、ガラス上への透明ソーラーセルを形成している。

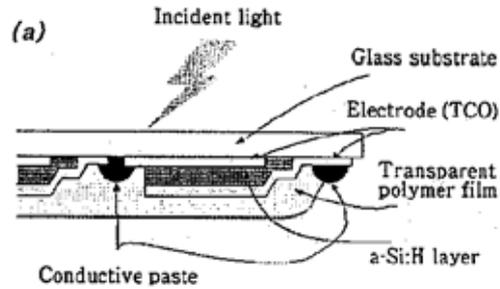
【図】 図 1 透明ソーラーセルの拡大写真



出典 1、「73 頁 図 6 透明ソーラーセル」

図 2 は、ソ - ラーセルの断面図である。

【図】図 2 ソーラーセル断面図

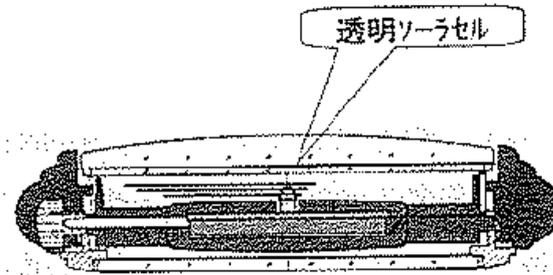


出典 2、「23 頁 Fig.1 Schematic of a "transparent" solar cell.(a)Cross section of the cell.」

図 3 は、透明ソーラーセルを用いた時計の断面図である。

従来光透過性の文字板の下に配置していたソーラーセルを、この技術により文字板の上で風防ガラスの下に配置することができる。これにより、文字板として金属板などの使用が可能となり、デザインの自由度を格段に向上することができる。

【図】図 3 時計の断面図



出典 1、「74 頁 図 7 透明ソーラーセルを用いたエコドライブウォッチ」

図4は、当該技術を用いた製品例である。

【図】図4 透明ソーラーセルを用いた製品例



出典3、「1頁 上左の写真 エコ・ドライブ・ヴィトロ」

当該技術の実現に当たっては以下の配慮が必要となる

- (1)アモルファスシリコン膜が光照射により劣化する特性を持つため、成膜条件の最適化に配慮が必要である。
- (2)透明保護膜は膜厚の均一性が外観に影響するため製造時の配慮が必要である。

【出典 / 参考資料】

出典1：「話題の商品が見える!! 第5回 腕時計(エコドライブ)」、「エレクトロニクス実装技術 Vol.17 No.8」、「2001年8月」、「青田克己(シチズン時計)著」、「株式会社技術調査会発行」、70-76頁

出典2：「エコ・ドライブ ヴィトロの開発」、「マイクロメカトロニクス学術講演会講演論文集 2000年秋季」、「2000年9月8日」、「永沢健、三好幸三、青田克己、伊藤幸男、村上知巳(シチズン時計)著」、「日本時計学会発行」、23-24頁

出典3：

- ・ 出典：ニュースリリース(シチズン時計)
- ・ 著者名：シチズン時計
- ・ 表題：ガラスで光を受ける“透明ソーラーセル”を開発～スイス・バーゼルフェア2000へ出展～
- ・ 掲載年月日：2000年3月24日、掲載者：シチズン時計、
- ・ 検索：2005年1月29日
- ・ アドレス：<http://www.citizen.co.jp/release/00/000324fa.htm>

【技術分類】 1 - 2 - 1 エネルギー関係 / 発電 / 光エネルギー利用システム

【 F I 】 G04C10/02@A, G04G1/00,310@B

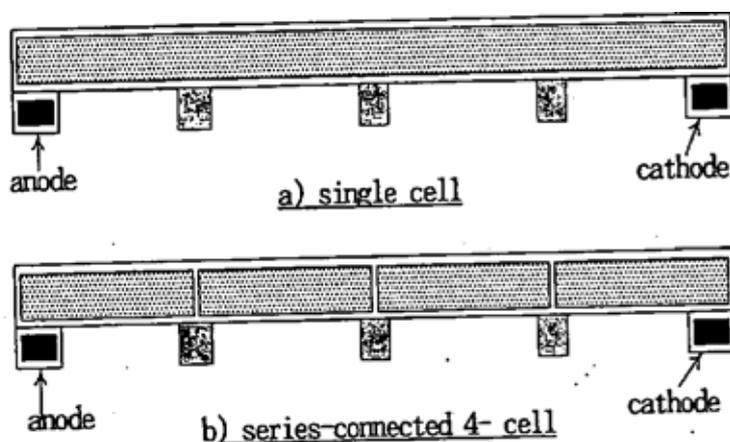
【技術名称】 1 - 2 - 1 - 4 フィルム型ソーラーセル

【技術内容】

太陽光発電を行うソーラーセルを設けた腕時計であって、そのソーラーセルをフレキシブルなフィルム上に設けることで、形状の自由度が高く、曲面配置を可能とし、例えば文字板周囲に配置して文字板の材質の自由度を高め、外観を向上する技術である。

図1は、フィルム型ソーラーセルの展開図である。ポリエステル系フィルム上にアモルファスシリコン層を形成した帯状の形状で変形が容易である。フィルム上に作るソーラーセルの素子構造は、通常のアモルファスシリコンソーラーセルと同じである。

【図】 図1 フィルム型ソーラーセルの展開図



出典1 「35頁 Fig.3 Two types of solar cell modules」

例えば、このソーラーセルを見返しリングと組合せて文字板の外側に円周状に配置すると、文字板の材質、デザインなどの自由度が格段に広がったソーラーウォッチが実現でき、外観が向上する。

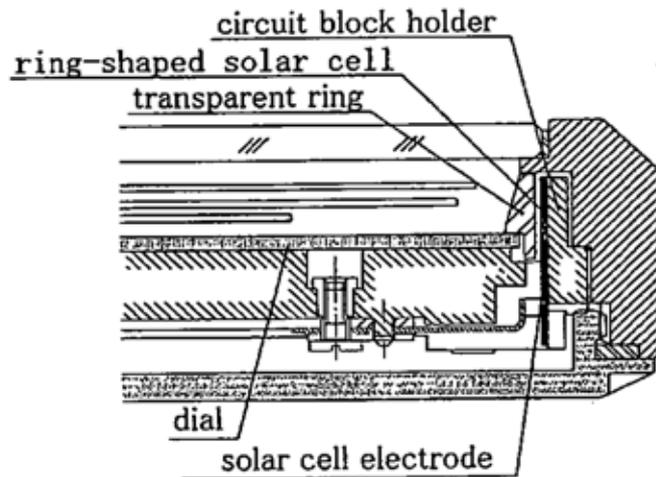
図2は、フィルム型ソーラーセルを利用した時計の断面構造である。

金属製の文字板外周にポリカーボネート製の透明な見返しリングを配置し、さらにその外側にフレキシブルなフィルム型ソーラーセルを配置した構造である。ソーラーセルは細い帯形状であり、回路支持台からリング状に突出させた壁の内面に丸めて収納して文字板に対して垂直に立っている。

風防ガラスを通しての直接光、文字板表面、風防ガラスでの反射光が、見切りリングを通過してセルに入射して発電に寄与する。

このような構成にすると、文字板が光透過性である必要がないため、文字板に自由な材質、デザインが可能となる。

【図】図2 時計の断面構造



出典1、「33頁 Fig.2 Cross sectional diagram of a new eco-drive watch Ring-type solar cell」

当該技術の実現に当たってはリングソーラーセルとして利用する場合、以下の配慮が必要となる。

- (1) リング置きにすることで単位面積あたりの受光効率が減少する。
- (2) 単一セルの方が影の影響を受けにくく有利であるが、発電電圧が低くなるため、昇圧が必要になる。
- (3) 文字板面での光の反射量は文字板色によって変化するため、文字板色などに配慮する。
- (4) 同様に、見返しリングの角度によっても受光効率が影響を受ける。

上記事例では、リング状に配置してその可撓性を利用しているが、将来は他の使い方が開発される可能性もある。

【出典 / 参考資料】

出典1:「リングソーラー時計の開発」,「マイクロメカトロニクス Vol.46 No.3」,「2002年9月」,
「長孝、山田信一、田中透、村上哲功、永田洋一(シチズン時計)著」,「日本時計学会発行」,
32 - 42 頁

参考資料1:「エコ・ドライブ ウィトロの開発」,「マイクロメカトロニクス学術講演会講演論文集
2000年秋季」,「2000年9月8日」,「永沢健、三好幸三、青田克己、伊藤幸男、村上知巳(シチ
ズン時計)著」,「日本時計学会発行」, 23 - 24 頁

参考資料2:「話題の商品が見える!! 第5回 腕時計(エコドライブ)」,「エレクトロニクス実装
技術 Vol.17 No.8」,「2001年8月」,「青田克己(シチズン時計)著」,「株式会社技術調査会
発行」, 70 - 76 頁

【技術分類】 1 - 2 - 1 エネルギー関係 / 発電 / 光エネルギー利用システム

【 F I 】 G04B19/06@C, G04C10/02@A, G04G1/00,310@A

【技術名称】 1 - 2 - 1 - 5 光透過性白色文字板

【技術内容】

ソーラーセルをカバーする光透過性の文字板であって、発電電力の確保のための特性と、文字板の最も大切な外観機能の双方を満たすことを念頭において考えられた技術である。

ソーラーセルによる発電源を有し、かつ、そのソーラーセルを光透過型の文字板で覆う場合にソーラーセルの濃紺色から脱却し、普通の文字板、つまり美しい文字板への変身が不可欠であるが、そのために文字板には下記の課題がある。

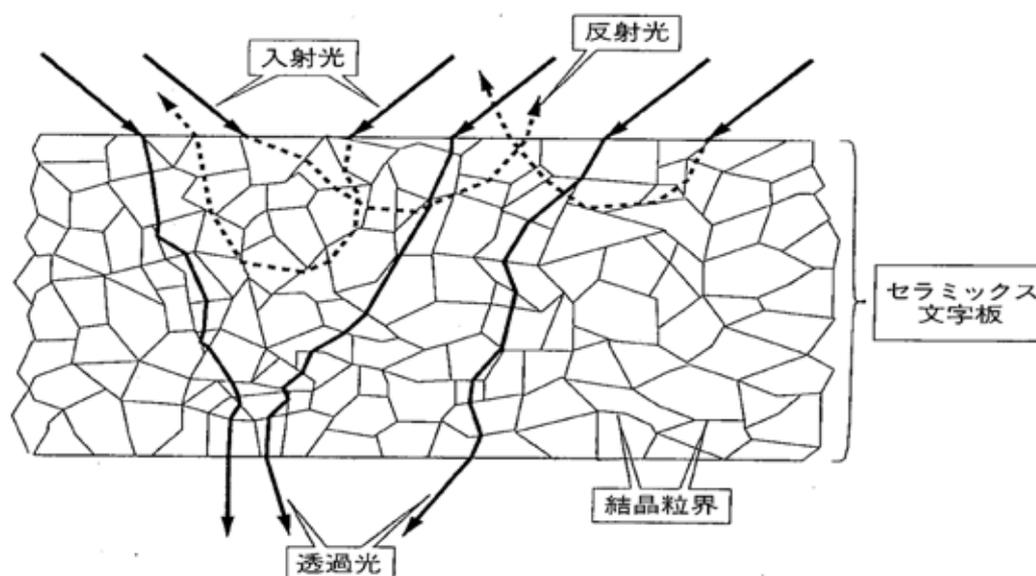
- (1) 光透過率低下で時計使用時にエネルギー充電不足など携帯時の性能に支障を起こさないこと。
- (2) 条件(1)を維持しながらソーラーセル色を遮蔽できて、時計の顔としての美しい外観であること。
- (3) 文字板は太陽光にて変色しないこと。

上記課題を解決する、ソーラーセルを発電源とする時計の文字板技術について2つの代表例で説明する。

図1は、セラミックタイプの白文字板の技術概念図である。

この文字板は、アルミナの結晶粒界で光が反射および屈折される。結晶粒界は数 μm の大きさで形成する微結晶から成り、この反射と屈折は非常に多くの回数が繰り返され、図のように一部は反射光となり、一部は透過光となる。反射光により文字板が白色に見え、透過光によって太陽電池の発電を可能とした。

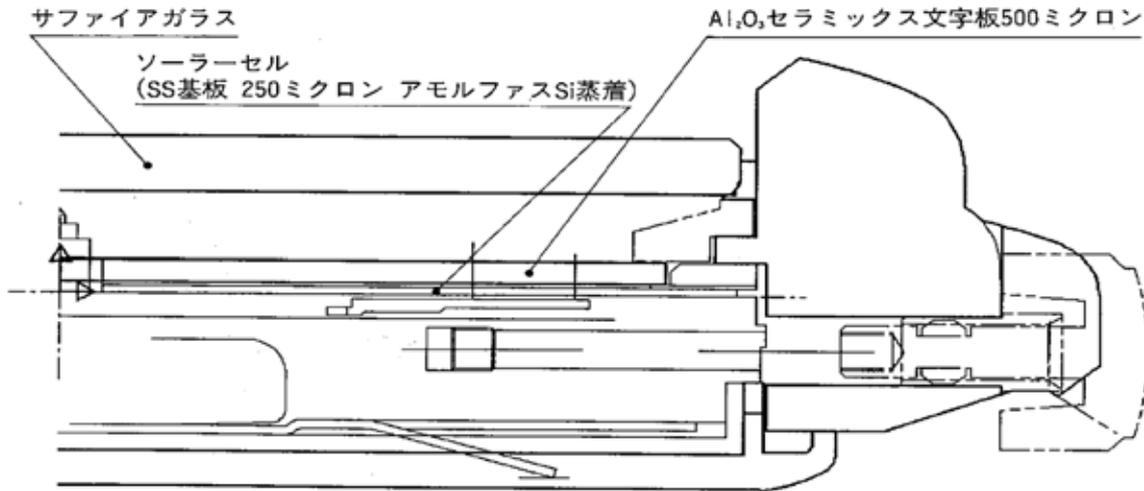
【図】 図1 セラミックタイプ白文字板技術概念図



出典 1、「74 頁 アルミナの微結晶の一例」

図2は、このセラミックス文字板を使用したソーラーウオッチの要部断面図である。

【図】図2 セラミックス文字板を使用したソーラーウオッチの断面図



出典 1、「74 頁 セラミックス文字板搭載の CAL.7860 ソーラーウオッチ〔アテッサ〕の外装断面図」

当該技術の実現に当たっては以下の配慮が必要となる

- (1) セラミックタイプの白文字板の場合、結晶粒界の大きさにより反射光と透過光の割合が変化するため、微妙な制御が必要である。
- (2) 発電量を高めるためにソーラーセル面積が確保できるモジュール設計に配慮する。
- (3) ローターおよび輪列損失を改善し、モーターの変換効率を高める。
- (4) 駆動用 IC の低消費電力化、低電圧化を行う。
- (5) 時計仕様に見合った 2 次電池を選定する。

【出典 / 参考資料】

出典 1: 「CITIZEN ソーラーウオッチの技術内容」, 「国際時計通信 No.418」, 「1995 年 2 月」, 「シチズン時計著」, 「国際時計通信社発行」, 63 - 75 頁

参考資料 1: 「セイコーのミニ・クロック・ムーブメントの開発」, 「国際時計通信 No.366」, 「1990 年 10 月」, 「精工舎著」, 「国際時計通信社発行」, 352 - 356 頁

参考資料 2: 「“ No - Battery ”アナログクォーツの開発」, 「日本時計学会誌 No.114」, 「1985 年 9 月」, 「山田岳秀、藤森基行、植田知雄、桜井照夫 (セイコーエプソン) 著」, 「日本時計学会発行」, 35 - 49 頁

【技術分類】 1 - 2 - 1 エネルギー関係 / 発電 / 光エネルギー利用システム

【 F I 】 G04B19/06@C, G04C10/02@A, G04G1/00,310@A

【技術名称】 1 - 2 - 1 - 6 光透過性文字板カラー化

【技術内容】

ソーラーセルの上に設ける光を透過する材質の文字板であって、発電性能を確保しつつ、外観や色彩を通常の文字板に近づけるための技術である。

色彩・外観向上には下記の背反する条件の克服が必要である。

- (1) 光透過率低下による充電不足を起こさない。
- (2) ソーラーセル基板色を遮蔽できて、時計の顔としてのデザインの自由度が高い。

図1は、その構成例である。

ソーラーセルの上に遮蔽層 / 光学多層膜 / 光拡散層の3層が積層された構造となっている。3つの層の機能を説明する。

- (1) 遮蔽層：ソーラーセルを隠す機能を集約してある（像の拡散）。

遮蔽層はソーラーセルの像を外部から認識しにくくする機能部材である。

求められる性能として、ソーラーセル表面から出てくる光路を攪乱することと併せ、ソーラーセルへと入射する光に対する光透過性も要求される。

- (2) 光学多層膜：入射光を反射光（外観色）と透過光（発電エネルギー源）に分離する。

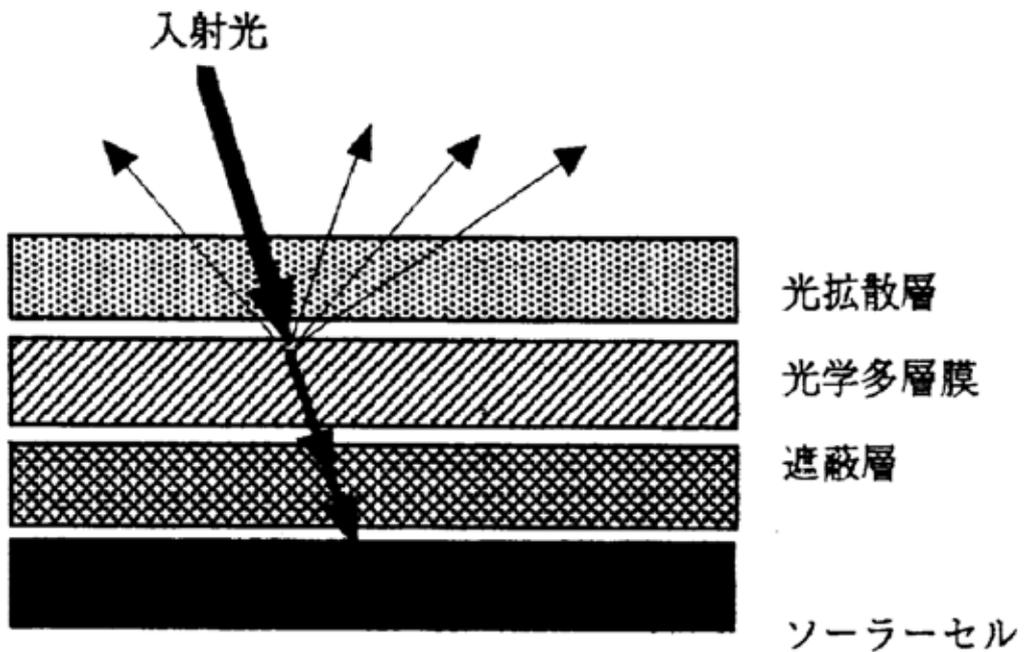
光学多層膜は膜に入射する光を反射光と透過光にスペクトル分離し、反射光によって外観色を生成するとともに透過光をソーラーセルへ供給する。従って、エネルギー利用効率の面から多層膜内部での光吸収は少ないほど望ましい。

- (3) 光拡散層：透過率と拡散性を高め、より良い見栄えを呈する。

光拡散層の機能として、光学多層膜からの反射光を拡散して外観色の視覚依存性を低減する機能（拡散性）を維持しながら、光透過性を高める。このようにすると、光拡散層からの拡散反射光量が減り、光学多層膜からの反射光は光拡散層を透過しやすくなる。

従って、外観色光に重畳される白色成分比率が低下して彩度が向上し、見栄えが改善できる。

【図】図1 色彩・外観向上の為の構成例



出典 1、「56 頁 Fig.4 新開発の見栄え改善技術による文字板の基本構成」

【出典 / 参考資料】

出典 1：「光学薄膜によるソーラーウォッチの見栄え改善」、「日本時計学会誌 No.157」、「1996 年 6 月」、「村田靖、南谷孝典（シチズン時計）著」、「日本時計学会発行」、52 - 63 頁

参考資料 1：「CITIZEN ソーラーウォッチの技術内容」、「国際時計通信 No.418」、「1995 年 2 月」、「シチズン時計著」、「国際時計通信社発行」、63 - 75 頁

【技術分類】 1 - 2 - 1 エネルギー関係 / 発電 / 光エネルギー利用システム

【 F I 】 G04C10/02@A, G04G1/00,310@A

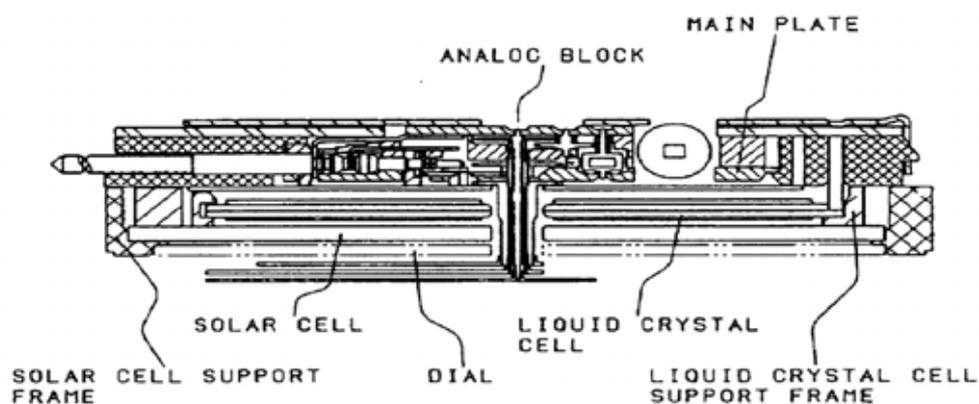
【技術名称】 1 - 2 - 1 - 7 外装・モジュール構造

【技術内容】

太陽光発電を行うソーラーセルを設けた腕時計であって、そのソーラーセルによる発電電力の確保と、外観を含む時計機能の双方を満たすことを念頭において考えられた、ソーラーセルの組み込み構造に関する技術である。

図1は、この技術の一例を示すモジュール構造の断面図で、コンビネーションクォーツの例である。図の下側から、ガラス(図示されていない)、アナログ表示の針、文字板(DIAL)、ソーラーセル(SOLAR CELL)、液晶セル(LIQUID CRYSTAL CELL)、アナログ時計の輪列部(ANALOG BLOCK)の順で積層配置されている。なお、文字板は光を透過する部材で作られている。

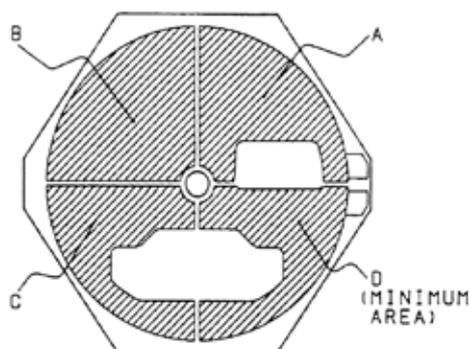
【図】 図1 モジュール構造の断面図



出典1、「8頁 Fig.4 Sectional structure of conventional solar CQ」

図2は、図1の例におけるソーラーセルの平面図で、発電部(斜線部)はガラス基板上に作られている。

【図】 図2 ソーラーセルの平面図



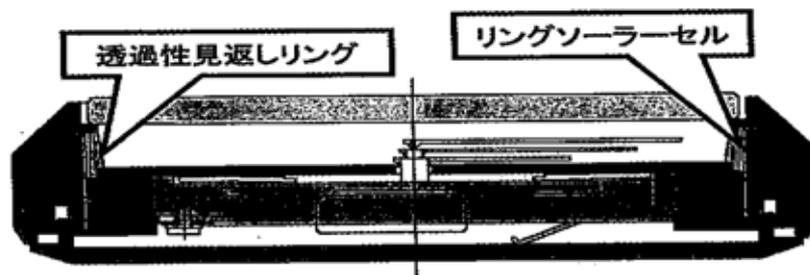
出典1、「10頁 Fig.7 Solar cell using in Cal.C600」

ガラス基板上に発電部を積層した場合は、液晶表示部周辺の発電膜を削除すれば液晶セルとソーラーセルを断面的に積層配置することが可能となる。その結果、液晶表示を任意の位置に配置することで多彩なデザインに対応でき、同時に、大きな発電有効面積が得られる。

図3は、この技術の別の例で、文字板周囲の見返し部分にリング状にソーラーセルを配置した構造の断面図である。

フレキシブルソーラーと呼ばれるプラスチック基板上に形成したセルをリング状に巻き、その内側に光を透過する材質で作った見返しリングを配置している。

【図】図3 リングソーラーウォッチの断面図



出典2、「74頁 図8 リングソーラーウォッチの断面構造」

当該技術の実現に当たっては以下の配慮が必要となる。

- (1) ガラスソーラーセルにおいては、落下衝撃などに対する破壊防止のための固定構造に配慮する。
- (2) 発電量を高めるためにソーラーセル面積が確保出来るモジュール設計に配慮する。
- (3) ローターおよび輪列損失を改善し、モーターの変換効率を高める。
- (4) 駆動用ICの低消費電力化、低電圧化を行う。
- (5) 時計仕様に見合った二次電池を選定する。

【出典 / 参考資料】

出典1: 「ソーラ CQ の開発」, 「日本時計学会誌 No.161」, 「1997年6月」, 「村上栄基(シチズン時計) 著」, 「日本時計学会発行」, 3 - 12 頁

出典2: 「話題の商品が見える!! 第5回 腕時計(エコドライブ)」, 「エレクトロニクス実装技術 Vol.17 No.8」, 「2001年8月」, 「青田克己(シチズン時計) 著」, 「株式会社技術調査会発行」, 70 - 76 頁

参考資料1: 「“No - Battery”アナログクォーツの開発」, 「日本時計学会誌 No.114」, 「1985年9月」, 「山田岳秀、藤森基行、植田知雄、桜井照夫(セイコーエプソン) 著」, 「日本時計学会発行」, 35 - 49 頁

参考資料2: 「CITIZENの光発電「ソーラーパワー」ウォッチ」, 「国際時計通信 No.418」, 「1995年2月」, 「シチズン時計著」, 「国際時計通信社発行」, 62 - 75 頁

参考資料3: 「マイクロエネルギー」, 「マイクロメカトロニクス Vol.42 No.1」, 「1998年3月」, 「春日政雄(セイコーインスツルメンツ) 著」, 「日本時計学会発行」, 81 - 86 頁

参考資料4: 「光学薄膜によるソーラーウォッチの見栄え改善」, 「日本時計学会誌 No.157」, 「1996年6月」, 「村田靖、南谷孝典(シチズン時計) 著」, 「日本時計学会発行」, 52 - 63 頁

【技術分類】 1 - 2 - 1 エネルギー関係 / 発電 / 光エネルギー利用システム

【 F I 】 G04C10/00@D, G04C10/02@A, G04G1/00,310@A,X

【技術名称】 1 - 2 - 1 - 8 充電制御回路

【技術内容】

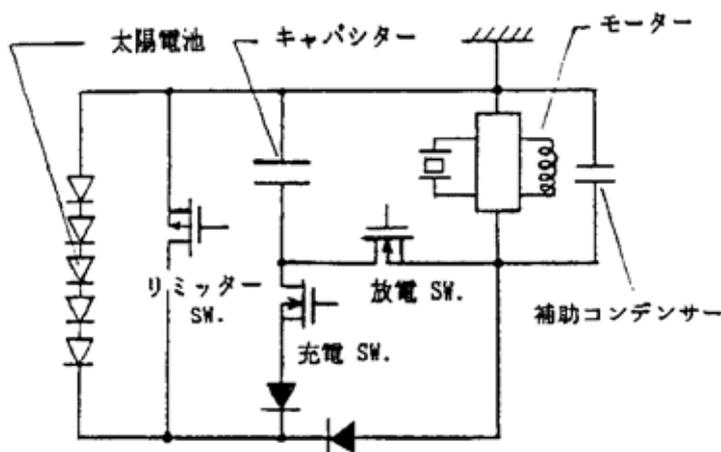
ソーラーセルを備えた時計の充電回路の構成であって、充電が進み電荷が一定量蓄えられた後、それ以上電荷を二次電池（キャパシター含む）に送り込むことを停止して二次電池を保護する回路の技術である。

二次電池は一定の電圧を越えてなお充電を行うと、漏液、破損などが発生し、本来電源セルのメンテナンスフリーを狙っているこの種の時計にとって致命的な問題となる。

図1は、ソーラーセルを備えた時計の回路全体を示す回路概要図の一例であり、当該技術に関連が深いのは図中のリミッターSWである。

保護手段は、充電電圧を検出（図示せず）し、その電圧が一定値に達したら図中のリミッターSWをONし、キャパシターに流れていた電荷をバイパスする方法である。

【図】図1 回路概要図

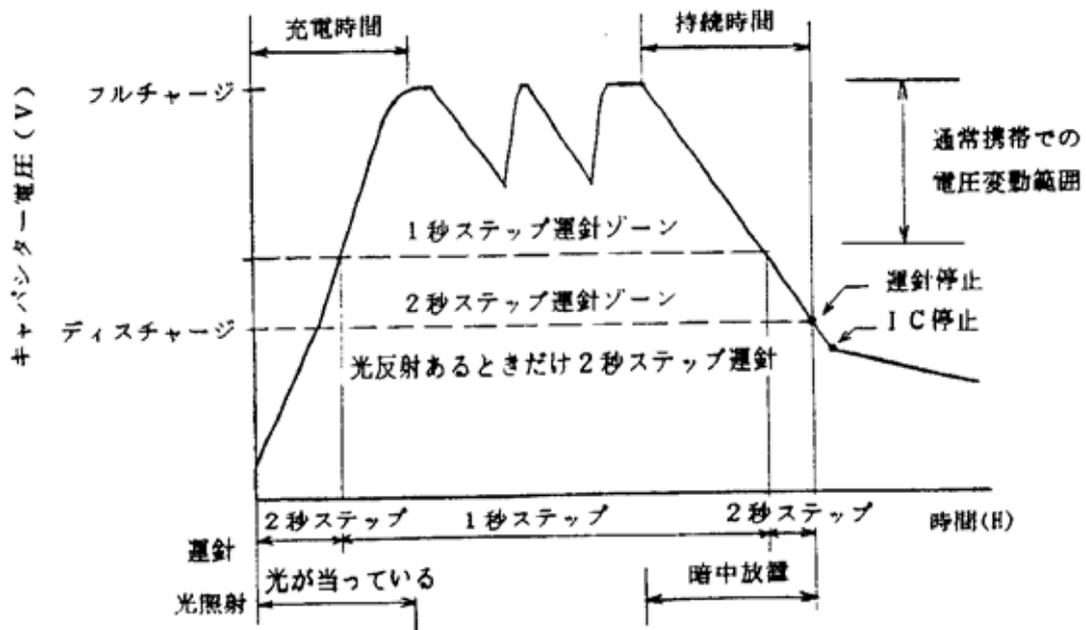


出典1、「44頁 第13図 回路概要図」

図2は、二次電池の電圧が下がり、時計が止まっていた状態をスタートとし、充電や放電が行われたときの二次電池の電圧と、併せて運針の様子を示す模式図である。

この図の中で当該充電制御機能の働きは、電圧グラフの左部分で立ち上がってきた電圧がフルチャージ電圧に達した時点で、それ以上に上がらないこと、およびその後もフルチャージ電圧以上に電圧が上がらず制限されていることで示されている。

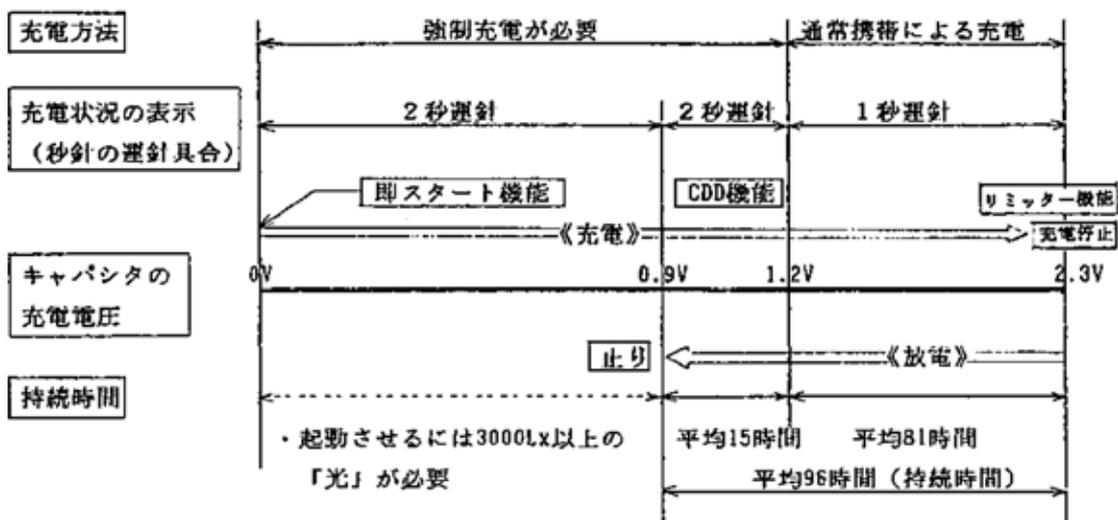
【図】図2 二次電池電圧変化の模式図



出典1、「43頁 第12図 Cal.V10の充放電特性 - キャパシター電圧カーブ」

図3は、図2と同様の動作を別の表現にした動作図である。この図の中で充電制御機能は右端の部分に相当し、電源電圧が2.3Vに達した時点で充電を停止することが示されている。

【図】図3 即スタート機能動作図



出典2、「235頁 (機能図解)」

この機能はソーラーセルによる発電のみならず、充電機能を持つほとんどの時計で搭載している基本機能である。

【出典 / 参考資料】

出典 1 : 「“ No - Battery ” アナログクォーツウオッチの開発」, 「日本時計学会誌 No.114」, 「1985年9月」, 「山田岳秀、藤森基行、植田知雄、桜井照夫(セイコーエプソン)著」, 「日本時計学会発行」, 35 - 49 頁

出典 2 : 「アルバ・ソーラー・アナログクォーツ Cal.V12 系の技術内容」, 「国際時計通信 Vol.327」, 「1987年7月」, 「セイコーエプソン著」, 「国際時計通信社発行」, 235 - 236 頁

参考資料 1 : 「セイコーのソーラー・アナログクォーツ Cal.8S23 の技術内容」, 「国際時計通信 Vol.321」, 「1987年1月」, 「セイコー電子工業著」, 「国際時計通信社発行」, 21 - 24 頁

【技術分類】 1 - 2 - 1 エネルギー関係 / 発電 / 光エネルギー利用システム

【 F I 】 G04C10/00@A,D, G04C10/02@A, G04G1/00,310@A,N,X

【技術名称】 1 - 2 - 1 - 9 一次電池・ソーラーセル併用電源

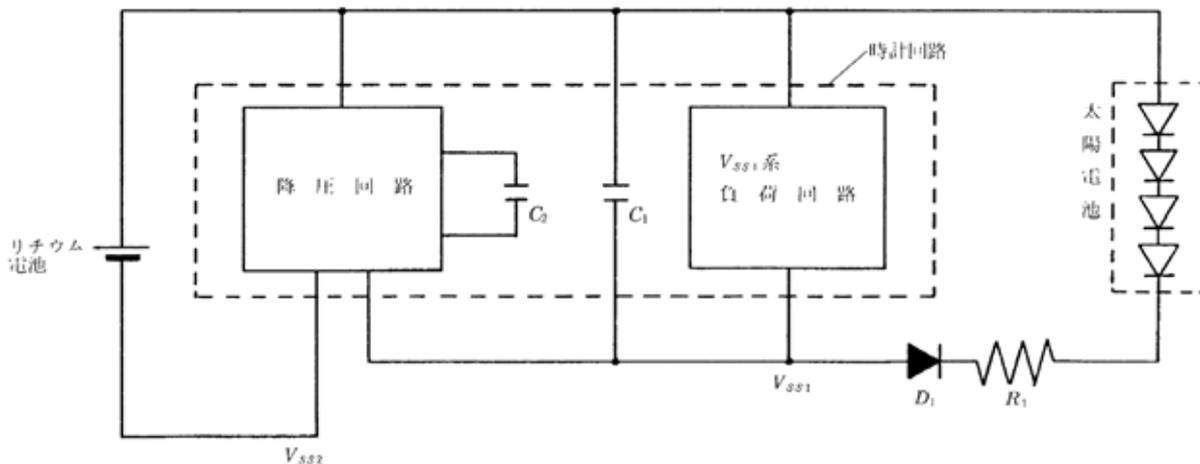
【技術内容】

ソーラーセルと一次電池の2種類の電源を備えた時計であって、光エネルギーで時計が駆動可能な状態では光エネルギーで、不可能な状態では一次電池のエネルギーによって駆動するように、状態によってその電源供給を制御して電池寿命を延長する技術である。

図1は、リチウム電池・ソーラーセル併用電源回路である。

ソーラーセル(太陽電池)は、電圧制御用抵抗 R_1 と、逆流防止用ダイオード D_1 とを介して、時計回路の降圧電源出力端子 V_{SS1} に接続される。今、降圧回路を1/2降圧回路とすると、回路状態は、1/2降圧回路が内部トランジスタを切替えることにより、コンデンサ C_1 および C_2 の接続状態を切替えるため、一定周期を持って図2(a)(b)の状態を繰り返す。

【図】 図1 リチウム電池 - ソーラーセル併用電源回路図



出典 1、「53 頁 第 2 図 リチウム電池太陽電池併用電源回路 - 2」

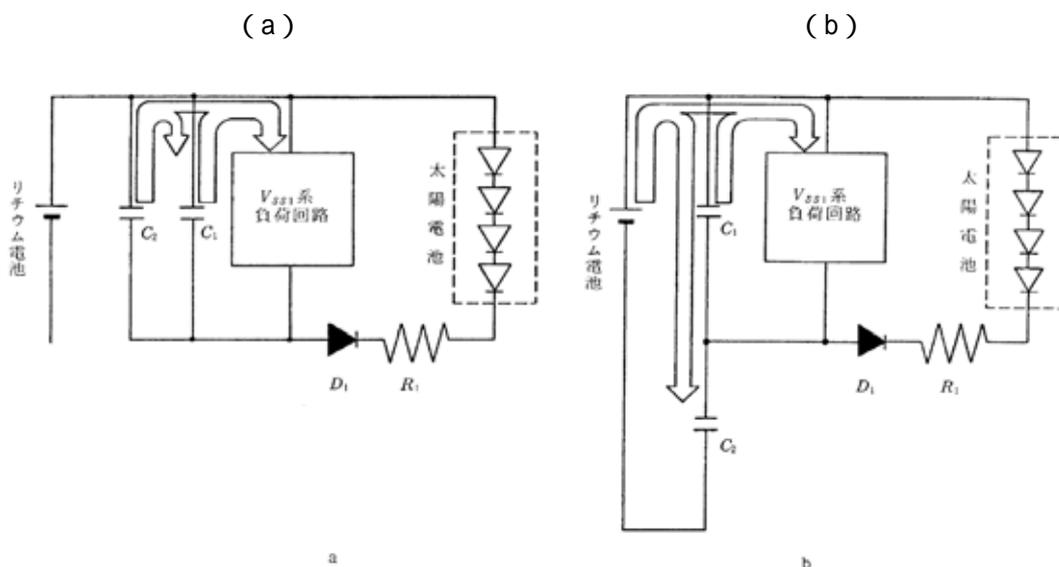
図2は、ソーラーセルに照射光なしの場合の動作状態を示す回路図である。

降圧回路は、ソーラーセルが接続されていない場合と同じ動作を行う。

(a) 状態：コンデンサ C_1 および C_2 は V_{SS1} 系負荷回路動作により電荷を消費する。

(b) 状態：コンデンサ C_1 および C_2 は(a)状態において消費した電荷量分、リチウム電池により充電される。同時にリチウム電池およびコンデンサ C_1 は V_{SS1} 負荷回路動作により電荷を消費する。

【図】図2 ソーラーセル照射なしの場合の動作状態回路図



出典1、「55頁 第3図 太陽電池照射光なしの場合のリチウム電池太陽電池併用電源回路 - 2の動作」

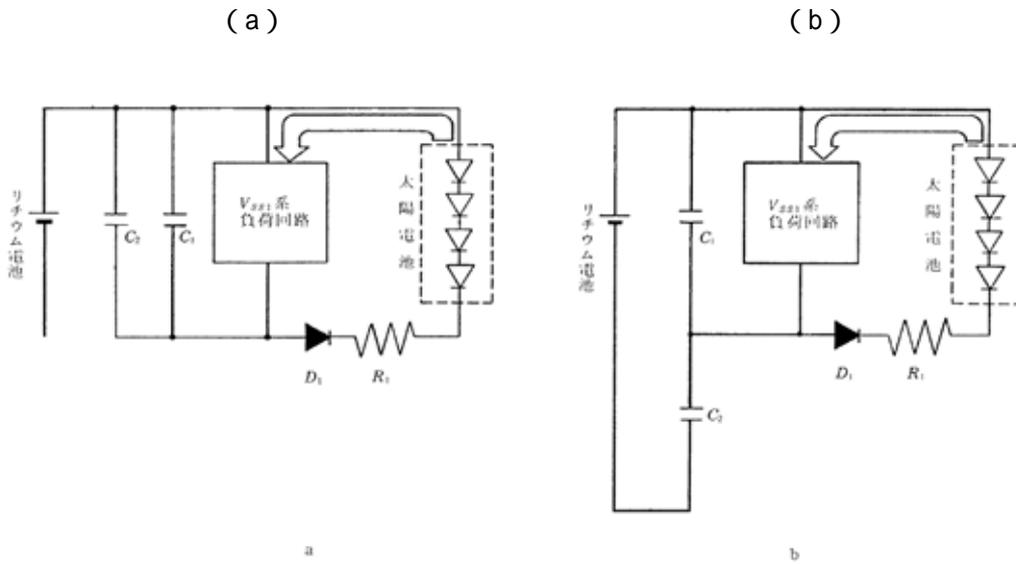
図3は、ソーラーセルに照射光ありの場合の動作状態を示す回路図である。

ソーラーセルに十分な照度の光が照射され、太陽電池により降圧電源出力端子 V_{SS1} にリチウム電池の1/2の電圧、例えば - 1.5Vが印加されている場合の状態とする。

- (a) 状態： V_{SS1} 系負荷回路はソーラーセルにより電力供給され動作する。このためコンデンサ C_1 および C_2 の電荷消費はない。
- (b) 状態：コンデンサ C_1 および C_2 は(a)状態において消費されていないため、リチウム電池による充電は受けない。また、 V_{SS1} 系負荷回路はソーラーセルにより電力供給されて動作するため、リチウム電池およびコンデンサ C_1 は電荷を消費しない。

また、光のみで電力を賄い切れない場合であっても、発電量に応じた供給が行われるので、電池が蓄えている電力の節約になる。

【図】図3 太陽電池照射ありの場合の動作状態回路図



出典 1、「56 頁 第 4 図 太陽電池照射光照射度 a lux の場合のリチウム電池太陽電池併用電源回路 - 2 の動作」

【出典 / 参考資料】

出典 1 : 「太陽電池時計用電源回路の開発」, 「日本時計学会誌 No.124」, 「1988 年 3 月」, 「坂本由美、鮎沢仁美、牛山善人 (セイコーエプソン) 著」, 「日本時計学会発行」, 50 - 62 頁

【技術分類】 1 - 2 - 1 エネルギー関係 / 発電 / 光エネルギー利用システム

【 F I 】 G04C10/00@D, G04C10/02@A, G04G1/00,310@A,X

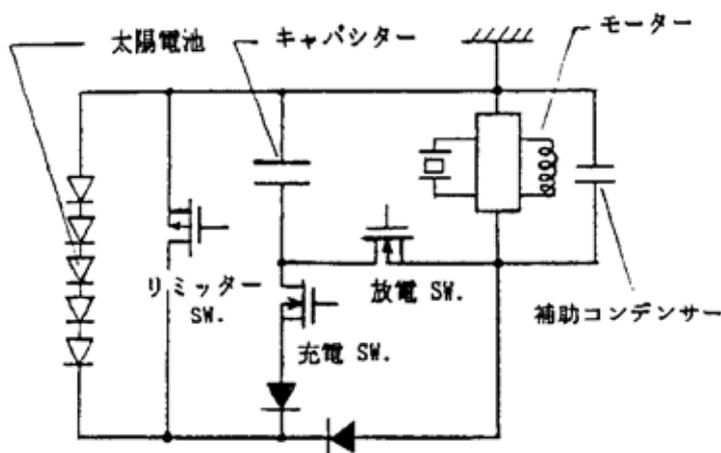
【技術名称】 1 - 2 - 1 - 1 0 即スタート回路

【技術内容】

ソーラーセルを備えた時計が、長期間光が当らず機能停止し、その後、光が当りソーラーセルが発電を開始した時であって、発電されたエネルギーを時計の動作と充電とに使い分け、二次電池の電圧が上がる前に、素早く時計の動作を開始し使い勝手を向上する技術である。

図 1 は、ソーラーセルを備えた時計の回路全体を示す回路概要図の一例である。

【図】 図 1 回路概要図



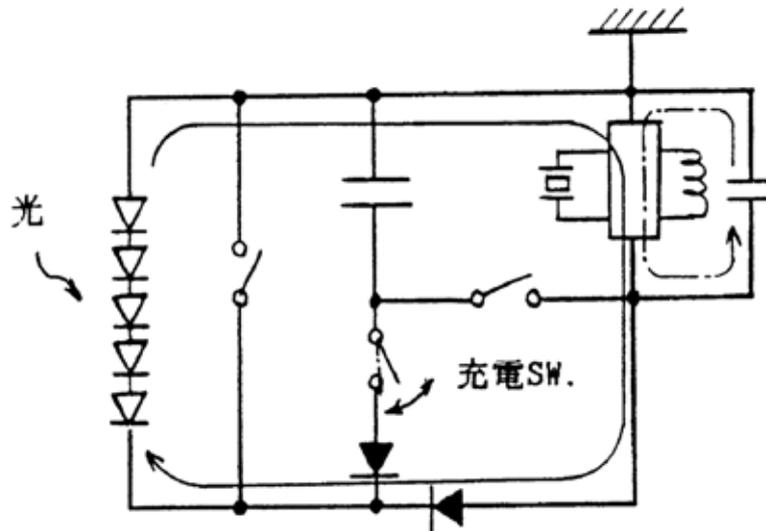
出典 1、「44 頁 第 13 図 回路概要図」

図 2 に、即スタート回路の原理を示す。

初期状態は充・放電 SW は開いている。このとき、太陽電池により電気変換された光エネルギーは、補助コンデンサーを充電しモジュールを動かす。補助コンデンサーがモジュールを数秒間バックアップできるレベルまで充電されると、充電 SW が閉じて光エネルギーはキャパシターを充電する。補助コンデンサーの電圧が低下しモジュールが止まりそうになると、充電 SW は再び開き光エネルギーはモジュールを動かす続ける。

キャパシターが十分充電された後は放電 SW が閉じて、モジュールはキャパシターの充電エネルギーで駆動される。

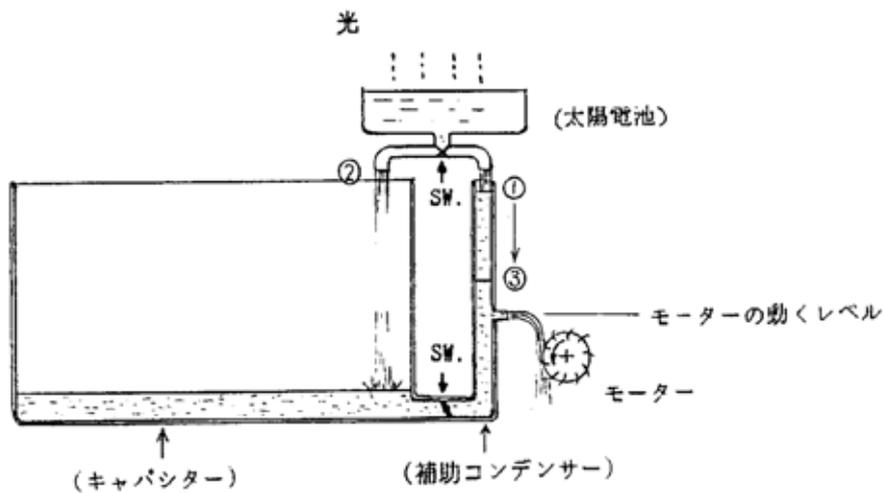
【図】図2 即スタート回路図



出典1、「45頁 第14図 即スタート状態の回路」

図3は、上記の様子を水でモデル化した概念図である。

【図】図3 即スタートの概念図（水モデル）



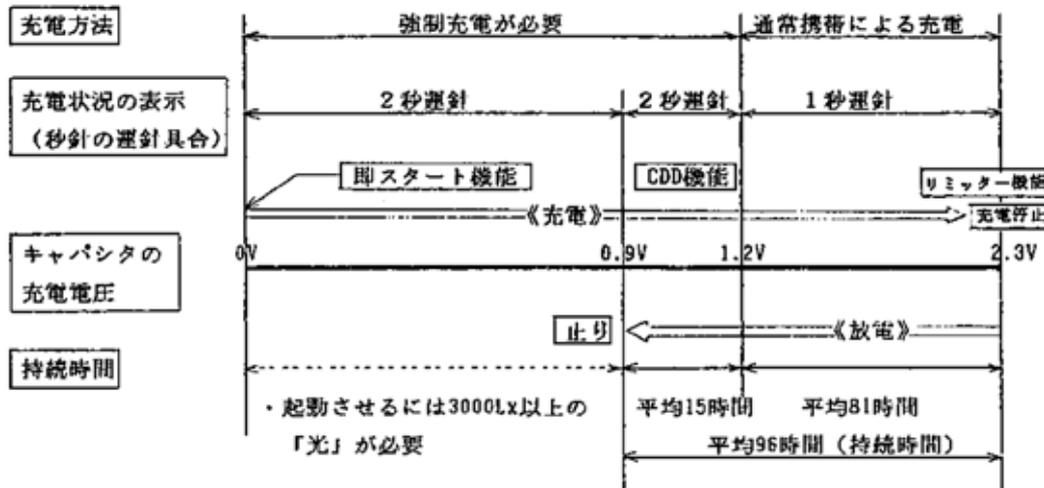
出典1、「46頁 第16図 即スタート概念図（水を使ったモデル）」

図4は、即スタート機能の動作を示した図解である。

時計を起動させるまでキャパシターに充電しなくても、太陽光または強い光（3000Lx以上）に数秒間当てるだけで2秒運針を開始し、時計の作動状態が確認できる。

この機能はソーラーセルを備えた時計の基本である。

【図】図4 即スタート機能動作図



出典 2、「235 頁 下部の図 (機能図解)」

【出典 / 参考資料】

出典 1: 「“No - Battery” アナログクオーツウオッチの開発」, 「日本時計学会 No.114」, 「1985 年 9 月」, 「山田岳秀、藤森基行、植田知雄、桜井照夫(セイコーエプソン)著」, 「日本時計学会発行」, 35 - 49 頁

出典 2: 「アルパ・ソーラー・アナログクオーツ Cal.V12 系の技術内容」, 「国際時計通信 Vol.327」, 「1987 年 7 月」, 「セイコーエプソン著」, 「国際時計通信社発行」, 235 - 236 頁

参考資料 1: 「セイコーのソーラー・アナログクオーツ Cal.8S23 の技術内容」, 「国際時計通信 Vol.321」, 「1987 年 1 月」, 「セイコー電子工業著」, 「国際時計通信社発行」, 21 - 24 頁

【技術分類】 1 - 2 - 1 エネルギー関係 / 発電 / 光エネルギー利用システム

【 F I 】 G04C10/00@C, G04C10/02

【技術名称】 1 - 2 - 1 - 1 1 エネルギーマネジメント

【技術内容】

太陽光など、光エネルギーを利用して発電する発電源と、二次電池により動作させるモジュールからなる時計における関連要素のバランスであって、発電能力、蓄電能力、消費電力およびデザインなどを主要な要素としてバランスさせることが商品力を向上する基本事項のポイントである。

ソーラー発電と二次電池との組み合わせによる電池交換不要な腕時計システムにおいては

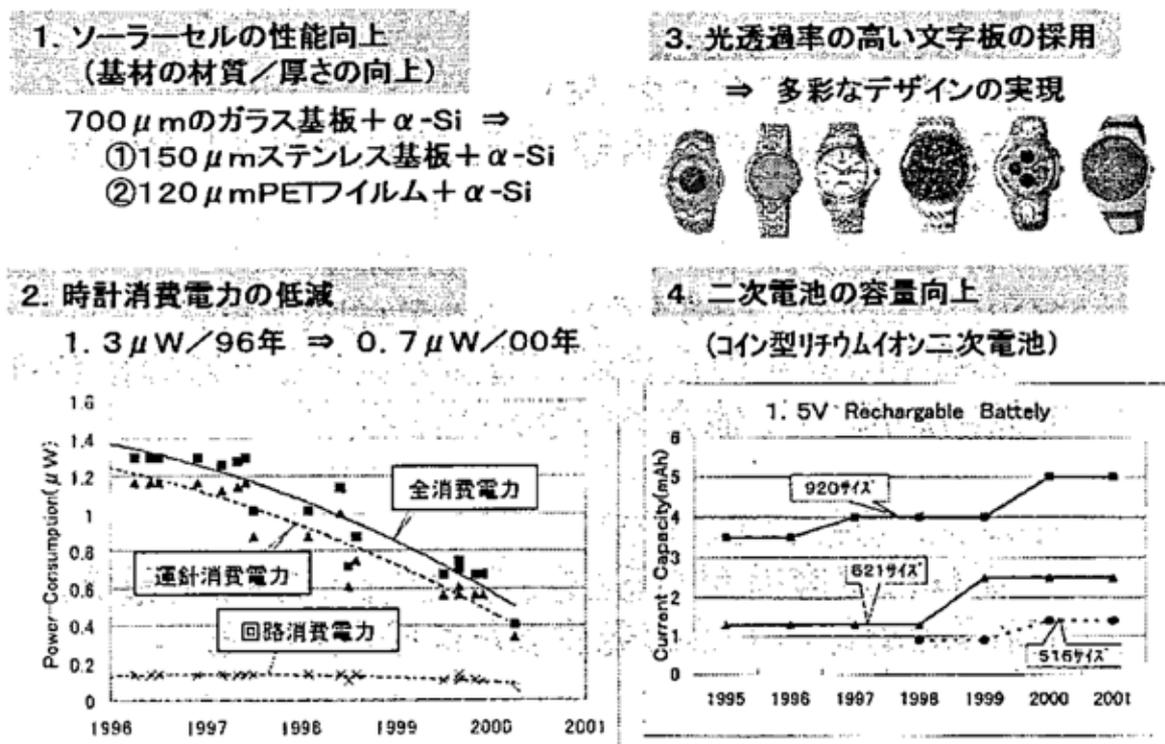
- (1) いかにか効率よく発電するか
- (2) いかにか蓄電能力を高めるか
- (3) いかにか多彩なデザインを実現するか
- (4) いかにか消費電力を減らすか

の4つの要素間のバランスが重要になる。

図1は、上記4つの要素の2001年度におけるレベルを示した説明図である。

- (1) の発電については、発電材料としてアモルファスシリコンを用いることにより多結晶シリコンと比較して室内（蛍光灯下）での発電効率をあげることができる。
さらに、基板材料を700 μm のガラス基板から150 μm のステンレス基板もしくは120 μm のPETフィルム基板へ改良することにより薄型化も達成できる。
- (2) の蓄電能力については、各サイズでの蓄電能力の向上とともに大型サイズのリチウム二次電池（MT1620等：12mAh）の登場により大容量の蓄電が可能となる。
- (3) の多彩なデザインの実現については、光透過率の高い文字板の採用、さらにアモルファスシリコン上に各種カバー部材を配置するなどにより、ソーラー時計でありながら豊富なデザインバリエーションが可能となる。
- (4) のモジュールの低消費電力化については、ICの低消費電力化、ステップモーターの低消費電力化などのローパワー化技術とともに運針停止/復活、付加機能の動作制限といった、省電力（エネルギーセービング）化技術と併用することにより、大幅に減らすことが可能となる。

【図】図1 光/電気変換 各要素技術レベル説明図



出典 1、「59 頁 2 - 3 光/電気変換 (光発電: シチズン時計仕様)」

表 1 に、最近時計に組み込まれている機能を構成する各種要素が必要とする駆動エネルギーの例を示す。この表によると、常時利用されている要素の単位体積当りの消費電力量は概ね $0.01 \mu\text{W} / \text{mm}^3$ 以下であり、それ以上電力を必要とする要素は駆動上の制限が施されている。

【表】表1 各種要素の駆動エネルギー

3-1. 要素の低消費電力化/動作制限の現状①

要素名	現消費電力	消費電力/体積	主用途	使用想定
水晶+IC	0.3μW	0.003 μW/mm ³	時間カウント	常時動作
モータ(クワック)	180μW	0.02	針駆動	常時動作
モータ(クワッチ)	0.7μW	0.005	針駆動	常時動作
LCD	0.5~2μW	0.001	時間表示	常時動作
ブザー	15mW	11.194	タイマー/アラーム用	使用時ON
EL	45mW	1.4	バックライト	使用時ON
GPSセンサー	12mA	1.5	高山・位置探索	使用時ON
高度計センサー	1.9mA	0.33	気圧/高度測定	使用時ON
方位センサー	20mA	3.06	方位測定	使用時ON
加速度センサー	6mW	0.53	ゲーム	使用時ON
ジャイロセンサー	25mW	18.0	手ぶれ防止	任意ON

3-1. 要素の低消費電力化/動作制限の現状②

要素名	現消費電力	消費電力/体積	主用途	使用想定
電波発信 (PHS)	100mW	3.3 μW/mm ³	PHS	間欠動作
電波発信(携帯)	800mW	26.6	携帯電話	間欠動作
電波受信	10mW	0.3	携帯/PHS	間欠動作
赤外線通信	30mW	2.88	リモコン用	使用時ON
振動体	45~300mW	104	携帯電話バイブ	使用時ON
温度センサー	0.6mW	0.107	気温・水温・体温	間欠動作
赤外線センサー	1.5mA	0.22	非接触温度測定	使用時ON
紫外線センサー	0.04mA	0.014	日焼け用	使用時ON
脈波センサー	1.3mA	0.3	脈拍測定	使用時ON
HDD	920mW	118	IBMマイクドライブ	使用時ON
メモリーカード	150mW	19.0	EEPROM16MB	使用時ON

出典1、「64頁 3-1 要素の低消費電力化/動作制限の現状(1と2)」

ここでは、ソーラーセルで説明しているが、電源供給手段がソーラーセル以外の機械的発電、熱発電などでも、さらに二次電池に限らず一次電池であってもエネルギー・マネジメントへの考慮が重要である。

加えて、この腕時計で追求されたエネルギー・マネジメント技術は、腕時計以外でのエネルギー生成/伝送技術、また製造分野における省エネルギー技術などにも活用可能である。

【出典 / 参考資料】

出典 1: 「腕時計におけるマイクロエネルギー技術の現状と展望」, 「日本機械学会講習会教材 '01・5・31,6 - 1」, 「2001 年 6 月」, 「春日政雄 (セイコーインスツルメンツ) 著」, 「日本機械学会発行」, 55 - 66 頁

参考資料 1: 「マイクロエネルギー」, 「マイクロメカトロニクス Vol.42 No.1」, 「1998 年 3 月」, 「春日政雄 (セイコーインスツルメンツ) 著」, 「日本時計学会発行」, 81 - 86 頁

参考資料 2: 「腕時計にみるマイクロエネルギー技術の最前線」, 「マイクロメカトロニクス Vol.44 No.4」, 「2000 年 12 月」, 「春日政雄 (セイコーインスツルメンツ) 著」, 「日本時計学会発行」, 1 - 6 頁